

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-294911

(43)公開日 平成6年(1994)10月21日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/00

識別記号

3 1 1

庁内整理番号

6920-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-82116

(22)出願日 平成5年(1993)4月8日

(71)出願人 000003159

東レ株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号

(72)発明者 仁科 利男

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株

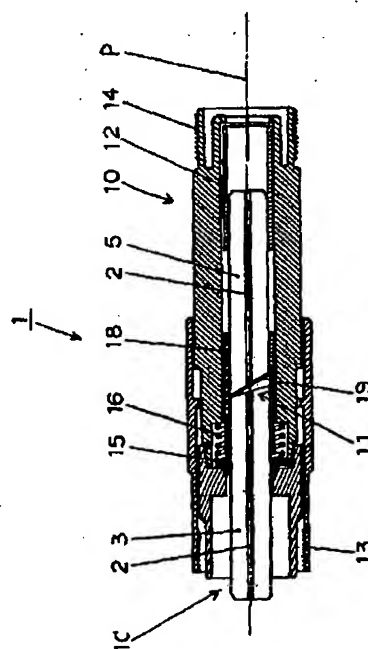
式会社滋賀事業場内

(54)【発明の名称】 光固定減衰器およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 目標とする高精度の光減衰量が容易に得ることができると共に、不良品の発生を極力低減でき、しかも安価に製造できる光固定減衰器およびその製造方法を提供すること。

【構成】 一対のフェルール3、5のうち一方のフェルール3の端面を光ファイバ素線2の光軸Pに直交する平面Fに対して第1の傾斜角 $\theta 1$ を有する傾斜平面に形成すると共に、他方のフェルール5の端面を前記第1の傾斜角よりも若干大なる第2の傾斜角 $\theta 2$ を有する傾斜平面に形成する。そして、フェルール5の傾斜平面に所定厚さの光減衰膜19をコーティングし、前記一対のフェルールのそれぞれの傾斜平面3a、5aを光ファイバ素線2の光軸Pがほぼ一致するように互いに対向させて配置して光固定減衰器1を構成する。そして、フェルール3を、フェルール5に対してその円周方向に所定角度 $\theta 3$ だけ回転させ、目標とする減衰値に調整する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 中心部に光ファイバー素線を有する一対のフェルールのそれぞれの端面が対向され、前記対向された端面のうちのいずれか一方の端面に光減衰膜がコーティングされた光減衰素子と、前記光減衰素子と所定長さの光ファイバーケーブルとを接続するコネクタとを備えた光固定減衰器において、

前記対向された一対のフェールのうちの一方のフェールの端面を、前記光ファイバー素線の光軸に直交する平面(F)に対して、第1の傾斜角( $\theta 1$ )を有する傾斜平面に形成すると共に、対向する他方のフェールの端面を、前記直交平面に対して前記第1の角度よりは僅かに大なる第2の傾斜角( $\theta 2$ )を有する傾斜平面に形成したことを特徴とする光固定減衰器。

【請求項2】 前記第1の傾斜角( $\theta 1$ )は、3~20度であり、前記第2の傾斜角( $\theta 2$ )は、前記第1の傾斜角よりも0.1~5.0度大なる傾斜角であることを特徴とする請求項1の光固定減衰器。

【請求項3】 中心部に光ファイバー素線を有する一対のフェールのうち一方のフェールの端面を、前記光ファイバー素線の光軸に直交する平面(F)に対して第1の傾斜角( $\theta 1$ )を有する傾斜平面に形成すると共に、他方のフェールの端面を、前記平面に対して前記第1の傾斜角よりも僅かに大なる第2の傾斜角( $\theta 2$ )を有する傾斜平面に形成し、いずれか一方の傾斜平面に所定厚さの光減衰膜をコーティングし、次いで、前記一対のフェールのそれぞれの傾斜平面を前記光ファイバー素線の光軸がほぼ一致するように互いに対向、配置せしめて光固定減衰器を構成し、

しかる後に、前記いずれか一方のフェールを、他方のフェールに対して前記光減衰膜の減衰量が目標とする光減衰量になるまで所定圧力で押しながら円周方向に回転させることを特徴とする光固定減衰器の製造方法。

【請求項4】 前記両フェールの端面間に光透過性樹脂を注入し、次いで前記いずれか一方のフェールを他方のフェールに対してその円周方向に所定角度だけ回転し、しかる後に前記両フェールを固定することを特徴とする請求項3の光固定減衰器の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信システムに使用される光固定減衰器に関し、特に受光モジュールの光入力レベル調整に使用される光固定減衰器の改良に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に光固定減衰器は、光ファイバーケーブルを介して送信された光信号の光量を光通信システムの光伝送路のモニタや測定器のダイナミックレンジに整合させるために用いられ、光通信システムにおいては、受信光強度が適正なレベルを越えた場合に疑似線路

として必要不可欠なものである。

【0003】このような従来の光固定減衰器としては、例えば図6や図7に示したものが知られている。

【0004】図6の光減衰素子1aは、従来の代表的な光固定減衰器に組込まれる光減衰素子を示し、中心部に光ファイバ2を有するフェール3の端面に、例えば金属膜や金属酸化物膜、NDフィルタとして良く使われる数種類の金属混合膜等から成る光減衰膜4を真空蒸着法やスパッタリング法等でコーティングし、これに光ファイバ2の光軸が一致するように間隔Lを介して相対するフェール5の端面を突き合わせ、上記間隔L間に接着剤6を流し込んで接着すると共に、両フェール3、5の端部を割りスリーブ7で固定したもので、光減衰膜4の膜厚さに対応した光減衰量を得んとするものである。

【0005】一方、図7に示した光減衰素子1bは、特開昭62-121405号公報に開示されているもので、それぞれのフェール3、5の突き合せ面を光ファイバ2の光軸に対して傾斜した平面とし、その突き合せ面間に、ポリエステルフィルム8に予め目標の光減衰量相当厚さの光減衰膜9を蒸着させたものをいずれのフェール端面にも接触しないように配設して、上記図6の光減衰素子1aと同様、接着剤6とスリーブ7とで固定したものである。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の光減衰素子1a、1bにおいては、光減衰膜4として金属膜等を蒸着しているため、目標としている正確な光減衰量を得ることが非常に困難であるという欠点がある。何故ならば、光減衰素子1aにおいては、たとえ目標とする光減衰量に相当するコーティング膜厚さの光減衰膜4がフェール3の端面に形成されても、この減衰膜4による減衰の他に素子組立時の光軸ズレ、光軸曲がり等に起因する損失や、接着剤6での損失が加わり、これらが外乱となって最終的には損失精度の悪いものとなるからである。この素子1aは、直接にフェール3の端面に金属膜4を蒸着するため、光減衰素子1bに比べてポリエステルフィルム8の分だけ素子の構成点数が減少する。したがって、組立作業が容易となる利点があるが、蒸着による膜厚バラツキが発生し、目的とする光減衰量が得られなかったものは折角高精度に研磨加工したフェール3、5と共に廃棄処分しなければならず、その分だけコストアップとなる。

【0007】また、図7の光減衰素子1bにおいては、両フェール3、5間の光軸の調整作業時に、金属膜9の蒸着面が相対するフェール5の端面に接触するため、蒸着膜に傷が付き、たとえ初期に目的の光減衰量が得られても後に光減衰量が大きく変化し、損失精度が低下するという欠点がある。また、この光減衰素子1bは、ポリエステルフィルム8表面に金属膜9をコーティ

ングしたものを用いるため、上記光減衰素子1aよりも構成部品点数が多くなり、また組立作業も困難となり、上記の光減衰素子1aの場合と同様に金属膜9の接触、傷付き等の問題が発生する。さらに、金属膜9のベースに高分子フィルムを使用しているため、耐熱性や安定性にも問題が残る。

【0008】したがって、いずれの光減衰素子1a、1bにおいても問題があり、精度の高い光固定減衰器が得られないという欠点があった。

【0009】本発明は、上記問題点を解消し、目標とする高精度の光減衰量が容易に得られると共に、不良品の発生が極力低減でき、しかも安価に製造できる光固定減衰器およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係る光固定減衰器は、中心部に光ファイバー素線を有する一対のフェルールのそれぞれの端面が対向され、前記対向された端面のうちのいずれか一方の端面に光減衰膜がコーティングされた光減衰素子と、前記光減衰素子と所定長さの光ファイバーケーブルとを接続するコネクタとを備えた光固定減衰器において、前記対向された一対のフェールのうちの一方のフェールの端面を、前記光ファイバー素線の光軸に直交する平面(F)に対して、第1の傾斜角( $\theta 1$ )を有する傾斜平面に形成すると共に、対向する他方のフェールの端面を、前記直交平面に対して前記第1の角度よりは僅かに大なる第2の傾斜角( $\theta 2$ )を有する傾斜平面に形成したことを特徴とする。

【0011】この場合、前記第1の傾斜角( $\theta 1$ )は、3~20度、前記第2の傾斜角( $\theta 2$ )は、前記第1の傾斜角よりも0.1~5.0度大なる傾斜角にするのが好ましい。

【0012】また、本発明に係る光固定減衰器の製造方法は、中心部に光ファイバー素線を有する一対のフェールのうち一方のフェールの端面を、前記光ファイバー素線の光軸に直交する平面(F)に対して第1の傾斜角( $\theta 1$ )を有する傾斜平面に形成すると共に、他方のフェールの端面を、前記平面に対して前記第1の傾斜角よりも僅かに大なる第2の傾斜角( $\theta 2$ )を有する傾斜平面に形成し、いずれか一方の傾斜平面に所定厚さの光減衰膜をコーティングし、次いで、前記一対のフェールのそれぞれの傾斜平面を前記光ファイバー素線の光軸がほぼ一致するように互いに対向、配置せしめて光固定減衰器を構成し、しかる後に、前記いずれか一方のフェールを、他方のフェールに対して前記光減衰膜の減衰量が目標とする光減衰量になるまで所定圧力で押しながら円周方向に回転させることを特徴とする。

【0013】この場合、前記両フェールの端面間に光透過性樹脂を注入し、次いで前記いずれか一方のフェールを他方のフェールに対してその円周方向に所定角

度だけ回転し、しかる後に前記両フェールを固定するのが好ましい。

【0014】

【作用】本発明に係る光固定減衰器およびその製造方法は、それぞれのフェールの傾斜端面が光ファイバー素子の光軸に対して第1および第2の傾斜角に斜めに形成されているため、両傾斜平面の突合せ状態では、両端面間の光軸上の距離は最も小さくなり、いずれか一方のフェールを他方のフェールに対してその外周方向に回転させると、その回転と共に上記光軸間距離が大きくなり、180度回転した状態で最も大きくなり、さらに回転すると今度は逆に距離は小さくなる。この距離と光減衰量とは、ある関数関係を有し、上記距離が大きくなるとこれに応じて光減衰量も増加する。

【0015】したがって、いずれか一方のフェールの傾斜平面に目標とする光減衰量よりもわずかに低い光減衰量の減衰膜をコーティングし、いずれか一方のフェールを他方のフェールに対して相対回転することにより、コーティング膜の減衰量の補正ができ、所定角度回転した時点で目標とする正確な値の光減衰量が得られる。

【0016】

【実施例】本発明の一実施例を図面を参照しながら説明する。

【0017】実施例1

図1は、本発明に係る光固定減衰器の縦断面図、図2は、図1の光固定減衰器に用いられている光減衰素子の縦断面図、図3は、図2のスリーブの斜視図である。

【0018】図において、光固定減衰器1は、光ファイバー素線2内部を通過する光の光量を一対のフェール3、5の突合せ部11で減衰させるための光減衰素子1cと、この光減衰素子1cを保持すると共に、光減衰素子1cの左右両端部において図示省略の光ファイバーケーブルを接続するためのハウジング10とで構成されている。

【0019】ハウジング10は、上記図示省略の光ファイバー雄ネジコネクタをフェール3に接続するための雄ネジ付きコネクタ13、図示省略の光ファイバー雄ネジコネクタをフェール5に接続するための雄ネジ付きコネクタ14、フェール3の外周面に固定されたリング状フランジ15、光減衰素子1cへの光ファイバーケーブルの接続時に発生するショックを緩衝するため、素子1cが図の右方向に移動することを許容させる圧縮コイルバネ16とから構成されている。光減衰素子1cは、図2に示すように、一対のフェール3、5と、フェール5の端面にコーティングされた光減衰膜19と、それぞれのフェール3、5の端部を固定する割りスリーブ18とから構成されている。

【0020】それぞれのフェール3、5は、材質が例えばセラミック、金属等から成り、その内部に材質が例

5

えば弗素系合成樹脂、ガラスファイバー等から成る光ファイバー素線2が挿通され接着剤で固定されたもので、フエルール3の突合せ部端面3aは、光ファイバー2の軸線Pの直交平面Fに対して第1の傾斜角が $\theta 1$ の傾斜平面とされ、相対するフエルール5の突合せ部端面5aは、直交平面Fに対して第2の傾斜角が $\theta 2$ の傾斜平面となるように加工のうえ、研磨されている。そして、フエルール5の突合せ部端面5aには、所定厚さの光減衰膜19が後に詳述する方法でコーティングされている。このように相対するフエルールの端面を異なった傾斜角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ にする形成理由は、フエルール3、5を、光減衰膜19の先端部Qをフエルール3の傾斜端面3aと常時接触させることを前提としてその周方向に回転させることにより、光軸P上の両フエルール間に所定長さの隙間を形成させて所望の光減衰量を得るためである。このような機能を発揮させるためには、第1の傾斜角 $\theta 1$ は、3〜20度が好ましく、第2の傾斜角 $\theta 2$ は、第1の傾斜角 $\theta 1$ よりも0.1〜5.0度さらに大なる角度に形成するのが好ましい。上記第1の傾斜角 $\theta 1$ が3度未満であると、突合せ部端面3aでの反射光（光ファイバー素線2中を逆進する光）が多くなってノイズの原因となり、20度を越えると端面加工が困難となる。また、上記第2の傾斜角 $\theta 2$ は、図2の状態において、光軸P上での光減衰膜19が少なくともフエルール3の傾斜平面3bに接触していなければよいだけのわずかの角度でよく、これ以上の傾斜角は、後にフエルール3、5のいずれかを他方に対して相対回転させることにより、両フエルール間の光軸上の隙間Lが拡大される方向に働くので必要ない。

【0021】光減衰膜19としては、一般にNDフィルタとして使用されているインコネル材、もしくはクロム、ニッケル、ゲルマニウム、シリコン等の半導体材料を蒸着法によってコーティングするのが好ましく、コーティング厚さは、数10Å〜数 $\mu\text{m}$ とするのが好ましい。なお、本実施例では光減衰膜19は、フエルール5の傾斜表面5aにコーティングされているが、いずれか一方のフエルールの傾斜平面にコーティングされていればよい。また、この光減衰膜19は、上述したように、その前端部Qが対向するフエルール3の傾斜端面3aと常時接触しているので光減衰膜に接触傷、剥落、欠損等が生じる恐れがあり、これらの剥離屑が光軸P上に存在すると減衰精度を著しく低下させる原因となるので、コーティング膜は、フエルール5に対する密着強度が高いほど好ましく、軽度なフエルール同士の接触でコーティング面に傷が生じないためには、予め剥離試験を行なって減衰膜の剥離面積が全表面積の約5%以下、より好ましくは0%となるものを用いるのが好ましい。なお、割りスリーブ18は、図3の斜視図に示すように、例えば、バネ材やリン青銅等の材質から成る筒体に、その軸方向にスリット20と、0.3〜0.8mm程度の内径を有

6

する孔21が複数設けられたものである。

【0022】次に、本発明の光固定減衰器1の製造方法を順を追って説明する。

【0023】まず、フエルール3、5として、外形2.6mm、内径0.127+0.01mmの高強度ジルコニア製のパイプを用い、このフエルール3、5内部に光ファイバー素線2として、コア径10 $\mu\text{m}$ 、クラッド径125 $\mu\text{m}$ のシングルモード光ファイバー素線を挿通後、エポキシ系の2液性接着剤で接着、固定した。そして、このフエルール3、5のそれぞれを11.3mmの長さに切断し、光ファイバー素線のコア同軸度が1 $\mu\text{m}$ 以下で、かつ、その外径が2.499±0.005mmとなるように芯出し加工した後に、図2に示すように、フエルール3、5の突合せ部端面3a、5aの光軸Pの直交平面Fに対する傾斜角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ をそれぞれ8度、8.5度に切削加工し、それぞれに光学研磨を施した。

【0024】一方、それぞれのフエルール3、5の反対側端面3b、5bは、光軸Pに対して直行平面を形成するように切削後、同様に端面の研磨を行った。さらに、後述する割りスリーブ18内にフエルール3、5の端面を挿入する際に、フエルール端面の角でスリーブを傷を付けないように、また、割りスリーブに傷が発生した場合の欠損粉、切り粉等が両フエルール3、5の端面3a、5a間に入り込まないように、それぞれのフエルールの外周部に0.5mm程度の面取り加工を施した。

【0025】次に、上記研磨した傾斜平面5aに、インコネル材の金属を蒸着法によってコーティングして光減衰膜19を形成した。

【0026】ここで、減衰膜19の好ましい密着強度は、蒸着時の基板加熱温度と基板材質および基板表面状況によって大きく影響するので、予め基板の加熱温度における密着強度の関係を以下に述べる手順で検討した。

【0027】まず、厚さ1mm、幅10mm、長さ50mmのイットリア部分安定化ジルコニア基板の表面を表面粗さが0.3 $\mu\text{m}$ 以下に表面研磨したものと、上記と同じ寸法の屈折率1.45の合成石英硝子を6枚用意し、一定量（12mg）のインコネル材を真空蒸着装置のろつば内にいれ、真空度を $3 \times 10^{-6}$ Torr以下に設定して、各々加熱基板温度を30℃、50℃、100℃、150℃、200℃、250℃と順次昇温して、各加熱温度において真空蒸着した。

【0028】このようにした蒸着された金属膜19の密着強度を測定するため、幅18mm、長さ50mm、接着強度1270g/25mmの透明粘着テープ（ニチバン（株）製）を蒸着面に貼り、テープの一端からゆっくりと一定速度で剥す剥離試験を行なった。その結果、合成石英硝子基板に30℃の低い基板加熱温度で蒸着した蒸着膜は、上記剥離試験でもほとんど剥離しないが、部分安定化ジルコニア基板の場合は、基板加熱温度が30度ではほとんどの膜が上記試験で剥離し、基板加熱温度

を150度までに上げると減衰膜全表面積に対する剥離面積が5%になることが判明し、温度をさらに上げると剥離面積が少なくなることが判明した。そこで本実施例においては、蒸着時のフェルール5の加熱温度を150度に決定した。なお、フェルール5を150℃に昇温して蒸着した場合、光ファイバー素線2とフェルール5を固定している接着剤が炭化してファイバー素線にダメージを与えないかを予め調査し、問題がないことを確認しておいた。

【0029】さらに、図示しない蒸着装置でつばと基板間の距離を140mmと一定にして、蒸発量と光減衰量の関係を求めた。

【0030】この関係より、目標の光減衰量より突合せ損失が約0.5〜1.0dBm少ない光減衰値4種類(4.5dB、9.5dB、14.5dB、19.5dB)を蒸着するに必要な蒸発量を求め、フェルール5の端面5aに蒸着して光減衰膜19を形成した。

【0031】次に、このようにして光減衰膜19を蒸着したフェルール5を、長さ7mmの割りスリーブ18の丁度中央部分に蒸着面がくるまで挿入し、フェルール5と割りスリーブ18の両者を固定するためにフェルール5を挿入した側の割りスリーブ18の穴21に紫外線接着剤を塗布し、次に紫外線を照射して硬化させた。

【0032】そして、フェルール3の傾斜平面側端部を割りスリーブ18内に挿入し、フェルール5の先端部Q点に当接するまで押し込み、光減衰素子1cを製作した。

【0033】次に、光減衰素子1cが目標の光減衰量となるように、後で割りスリーブに挿入したフェルール3を突合せ方向に押しながら、外周方向に所定の位相角度だけ回転させ、これによってフェルール3、5の突合せ端面間の光軸P上の距離Lを変化させ、光減衰膜19自身の光減衰量を補正して目的とする減衰量に調整した。

【0034】次に、光減衰素子1cの光減衰量の測定は、図4に示した光減衰量測定装置22を用い、以下に述べる手順で測定した。

【0035】図において、23は、所定量の光を発信させる光源装置、24は、入射した光の光量を測定するパワーメータで、両者間に上記光減衰素子1cの保持、回転装置25を設け、これらの装置間がそれぞれ両端部に雄型コネクタ26aと経路途中に励振器26bを有する光ファイバーケーブル26、および雄型コネクタ27aを有する光ファイバーケーブル27で接続した。

【0036】光減衰素子1cの保持、回転装置25は、ベース28上に一對のスタンド29a、29bが立設されており、スタンド29aは、光ファイバーケーブル26の右側雄型コネクタ26aを上部に設けられたネジ29bで直接固定し、スタンド29bは、圧縮コイルバネ30の案内ガイド31を介して光ファイバーケーブル27の左側雄型コネクタ27aを固定している。32は、

光減衰素子1cと雄型コネクタ26a、27aを接続するアダプタで、光減衰素子1cのフェルール5を保持している。33は、光減衰素子1cのフェルール3をフェルール5に対して、図の矢印方向に所定角度だけ回転させるレバーで、ネジ33aによりフェルール3に着脱できるようにされている。

【0037】したがって、この光減衰量測定装置22によれば、光減衰素子1cの光減衰量を目標とする光減衰量に容易に補正することができると共に、目標の光減衰量に補正されているかどうかを容易に確認することができるのである。

【0038】このように構成された測定装置22において、光ファイバーケーブル26、27として、長さ1.5mのシングルモード用ファイバーを用い、まず光減衰素子1cを全く用いない場合における光減衰量を測定するため、図の破線で示すように、回転装置25を迂回させ、アダプタ32によって直接光ファイバーケーブル26の右側雄型コネクタ26aと、光ファイバーケーブル27の左側雄型コネクタ27aとを結合した。そして、光源装置23から1300nmの波長の光を放射し、パワーメータ24で入射した光の光量 $P_0$ (dBm)を測定した。

【0039】次に、アダプタ32を緩めて右側雄型コネクタ26aをスタンド29aにネジ29bで固定し、アダプタ32と案内ガイド31とが一体になった左側雄型コネクタ27aをスプリング30を通してスタンド29bの図示しない摺動穴に通し、しかる後にフェルール3の左端部を図1に示した割りスリーブ12を介して雄型コネクタ26a内に挿入し、他方のフェルール5の右端部は、アダプタ32を図の右方向に若干移動させてこのアダプタに固定した。

【0040】以上の操作により、フェルール3、5は、図2の状態にセットされたことになり、両フェルールは、減衰膜19の先端部Qで圧縮スプリング30の押圧力により一定の圧力で接触している。

【0041】この状態で光源装置23から放射された光の光量をパワーメータ24で測定し、ディスプレイ部24aにLED表示された光量値 $P_1$ (dBm)を読みとった。このようにして得られた光量 $P_0$ と $P_1$ との差 $P_1 - P_0$ (dB)が、フェルール3をフェルール5に対して所定角度回転させた場合の光減衰素子1cの光減衰量であり、この差が目標値となるようにパワーメータ24を見ながら、フェルール3をその円周方向に少しずつ回転させるのである。

【0042】このフェルール3の回転角( $\theta_3$ )と、光減衰量との関係を示したのが図5であり、この図は、フェルール3をフェルール5に対して最大の変換範囲である180度まで回転した場合の対応減衰量を縦軸にプロットしたものである。

【0043】この図に示すように、約-9.5〜+15

d Bmがフェルール3の回転により調整できることを示している。本実施例においては、図の破線で示すように約10度程度の回転角 $\theta 3$ で目標値の-10 d Bmを得ることができた。

【0044】ディスプレイ部24aのLED表示が目標値となったならば、割りスリーブ18に設けた穴21から紫外線接着剤を注入し、紫外線を照射してフェルール3と割りスリーブ18とを接着、固定する。この時、両フェルール間の光軸P上に接着剤が回り込まないようにすることが大切である。本実施例の光減衰素子1cにおいては、図3に示したように、割りスリーブ18に多数の孔21が設けられているので、この孔から容易に接着剤を注入することができ、注入した接着剤は、フェルールと割りスリーブ間に形成される僅かな隙間による毛細管現象により接着剤が速やかに浸透させることができた。なお、このときに用いる接着剤は、紫外線硬化性樹脂（アロニックスUV-3810、東亜合成（株）製）を使用し、紫外線を照射することにより短時間で硬化させた。

【0045】以上に述べた方法で光減衰素子1c10個を製作し、これに図1で説明したハウジング10を組み込み、光固定減衰器1を製作した。このようにして得た目標減衰値が10 d Bmの光固定減衰器1の光減衰量を上記測定装置22で確認したところ、目標減衰量と実際に得られた減衰量との差が $\pm 0.5$  d Bm以内である高精度のものが得られ、全数の95%が前記精度内におさまった。

【0046】なお、上記本実施例の光固定減衰器1と同数の図6、図7の光減衰素子1a、1bを内蔵した従来の光固定減衰器とを比較してみたところ、従来の光固定減衰器は、その減衰量が目標値に対し、 $\pm 2$  d Bm程度の精度の劣るものしか得られなかった。また、調整時にフェルール端面が減衰膜に接触して損傷を受け、使用不能となったり、目標の光減衰値にならなかったものが約2割発生した。

【0047】なお、光軸P上における可変できる傾斜平面間の距離Lは、フェルール径D、第1および第2の傾斜角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ が判明していれば、予め計算で求めることができ、また、単一モードファイバー同士を間隔Zで突き合わせた時の軸ズレXoに対する接続損失も、上記ファイバーのスポットサイズWo、真空中の波長 $\lambda 0$ 、大気中の屈折率n等が予め判明していれば理論値として認めることができるので、ある程度の光減衰量を計算で求めることができるのであるが、この方法によれば、光軸ズレや光軸の曲がり等の上記距離L以外の種々の損失が加わるため、実際の減衰量と一致しない。しかしながら、本発明の製造方法によれば、いずれか一つのフェルールを回転しながら光減衰量を目的値に近づけるため、上記のような面倒な計算が不要であり、作業者は、何らの熟練を要することなく正確な減衰量を有する光固定減

衰器を容易に製造することができるのである。

#### 【0048】実施例2

実施例1で説明したように、製作された光固定減衰器のほとんどのものが実施例1の製造方法で調整することができるが、光減衰素子の減衰量を測定した時に、減衰量の値が目標とする減衰値よりわずかに大きい値を示し、フェルールを回転させても補正できないフェルールや、予め減衰膜のみで目的の光減衰値に非常に近い値に設定した蒸着済みのフェルールがある場合は、以下に述べる方法により再補正することにより目標の光減衰量を有する光固定減衰器とすることができる。

【0049】すなわち、図4の測定装置略図に示すアダプタ32、雄型コネクタ26aから光減衰素子を外し、割りスリーブ18に挿入されたフェルール3を抜き取る。

【0050】次に、割りスリーブ18の付いたフェルール5の傾斜平面5aに光学的マッチング効果を考慮したエポキシ系の2液性硬化型接着剤を傾斜平面に塗り、抜き取ったフェルール3の傾斜平面3aを再度突き合わせ、両平面が接触するまでスリーブ内に挿入する。このようにして得た光減衰素子を図5の測定装置22で実施例1と同様にパワーメータ24を見ながら目的の減衰量に調整する。

【0051】得られた光減衰素子は、目標減衰値が10 d Bmの光固定減衰器において $\pm 0.5$  d Bm以内の高精度のものが得られることが確認でき、また、実施例1で調整しても目的の減衰値とならなかったもののうちの約半分が目的の光減衰値に調整することができ、実施例1とこの実施例2の方法とを併用することにより、製作した全数のうちの約95%が使用可能となった。

【0052】このように、フェルール3とフェルール5の光減衰膜19との間にエポキシ接着剤を注入すると、実施例1の場合のように両フェルール間の隙間に空気がある場合は、図5に示したように光減衰量が-5 d Bと大きく変化するのであるが、本実施例の場合は、空気層への光学的マッチング効果を考慮した2液硬化性エポキシ樹脂の存在により、損光減衰量も少なく最大でも1 d Bm以下となり、調整時に回転角を大きく変化させても光減衰値が余り変化しない。その理由は、上記隙間と減衰膜の入射面からのフリネル反射を低く押さえることができると共に、この隙間に注入したエポキシ接着剤の光減衰量が空気層よりも小さいからである。したがって、この調整方法によると、フェルールの回転に対して減衰量の変化が格段に少ないため、調整作業が非常に容易になるという効果を有する。

#### 【0053】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る光固定減衰器によれば、光ファイバー素線を有する一対のフェルールのそれぞれの端部が、互いに異なる第1および第2の傾斜角（ $\theta 1$ 、 $\theta 2$ ）を有する傾斜平面に形成さ

11

れると共に、一方のフェルールの傾斜平面に光減衰膜が蒸着された光減衰素子を使用するので、いずれか一方のフェールを他方のフェールに対してその周方向に回転させるだけで、従来のように光減衰膜の減衰量を予め所定の値に正確に設定しておく必要がない。すなわち、ばらつきの大きい光減衰値を有するフェールを、その組立時に一方のフェールを回転するだけで容易に所望の減衰値に精度よく合わせることができる。

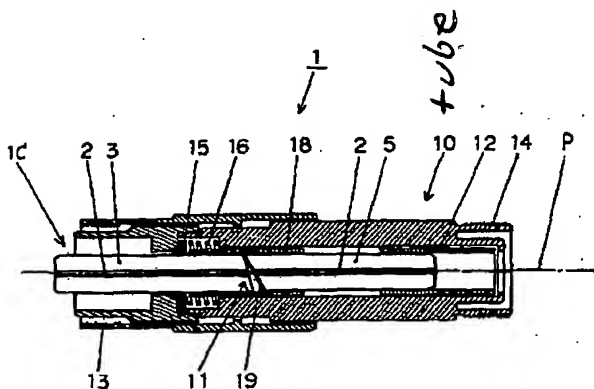
【0054】また、一対のフェールは、それぞれの傾斜平面が互いに異なる傾斜角に形成されているため、常時光ファイバ素線の光軸とは離れた位置で接触する。したがって、光減衰量の調整や光軸調整作業時にいずれか一方のフェールを他方のフェールに対して回転させても、互いの傾斜平面の外周近傍だけが接触し、光軸上でコーティングされた光減衰膜が他の傾斜平面に接触することがないため、減衰膜の傷付き、欠損が発生せず、光固定減衰器の不良率が格段に減少する。さらに、本発明の光固定減衰器は、図7で示した従来装置と異なり金属膜付きのポリエステルフィルムをフェールの端面間に挟み込むような作業がないので、製造コストが大

幅に削減できる。

【0055】そして、本発明に係る光固定減衰器の製造方法によれば、一対のフェールのうちのいずれか一方のフェールを他方のフェールに対してその円周方向に所定角度だけ回転させて目標とする減衰値に一致させるので、いずれか一方のフェールを他方のフェールに対してその周方向に回転させるだけで、従来のように光減衰膜の減衰量を予め所定の値に正確に設定しておく必要がなく、たとえ得られた光固定減衰器の光減衰量がバラツキの大きなものであっても、組立時に一方のフェールを回転するだけで容易に所望の減衰値に精度よく補正された光固定減衰器が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】



12

【図1】本発明に係る光固定減衰器の縦断面図である。

【図2】図1の光固定減衰器に用いられている光減衰素子の縦断面図である。

【図3】図2のスリーブの斜視図である。

【図4】図2の光減衰素子の減衰量を測定する光減衰量測定装置の模式図である。

【図5】図4の光減衰量測定装置で測定された光減衰量とフェールの回転角との関係を示した図である。

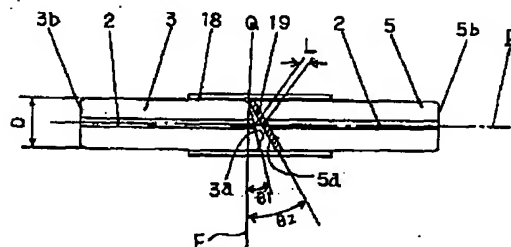
【図6】従来の光固定減衰器に用いられている光減衰素子の縦断面図である。

【図7】従来の光固定減衰器に用いられている光減衰素子の縦断面図である。

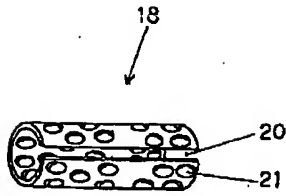
【符号の説明】

- 1……光固定減衰器
- 1 a、1 b、1 c……光減衰素子
- 2……光ファイバ素線
- 3……フェール
- 3 a……フェール3の端面（傾斜平面）
- 4……光減衰膜
- 5……フェール
- 5 a……フェール5の端面（傾斜平面）
- 11……突合せ部
- 18……割りスリーブ
- 19……光減衰膜
- 22……光減衰量測定装置
- 26……光ファイバケーブル
- 27……光ファイバケーブル
- F……光軸に直交する平面
- P……光軸
- $\theta 1$ ……第1の傾斜角
- $\theta 2$ ……第2の傾斜角
- $\theta 3$ ……フェール3の回転角

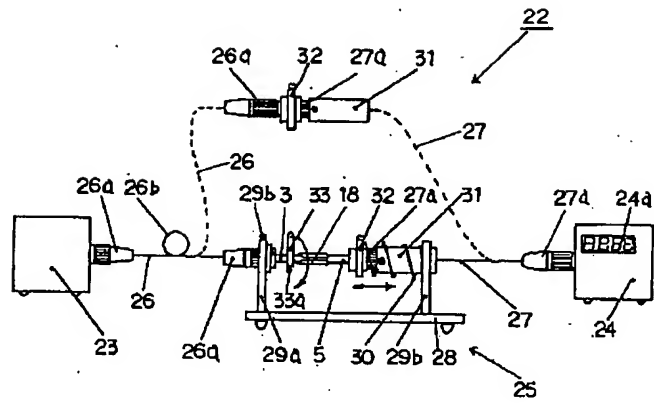
【図2】



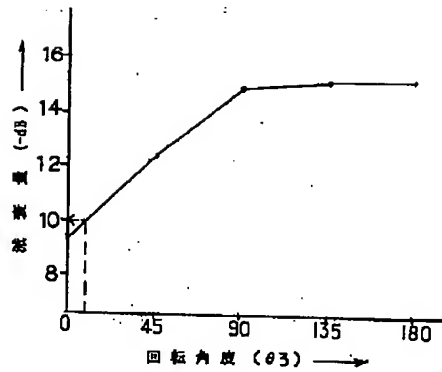
【図3】



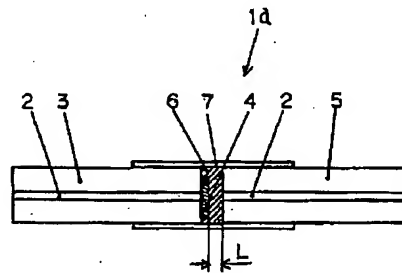
【図4】



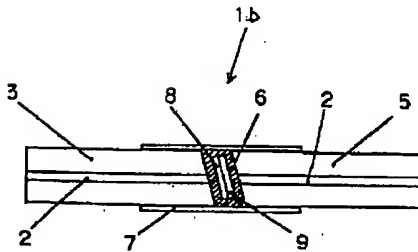
【図5】



【図6】



【図7】





PAT-NO: JP406294911A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06294911 A  
TITLE: OPTICAL FIXED ATTENUATOR AND ITS MANUFACTURE  
PUBN-DATE: October 21, 1994

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
NISHINA, TOSHIO

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
TORAY IND INC N/A

APPL-NO: JP05082116  
APPL-DATE: April 8, 1993

INT-CL (IPC): G02B006/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To manufacture an optical fixed attenuator capable of easily obtaining a target optical attenuation quantity with high precision and reducing the production of defectives as much as possible at low cost.

CONSTITUTION: The end surface of one ferrule 3 between a couple of ferrules 3 and 5 is formed into a slanting plane having a 1st tilt angle  $\theta_1$  to a plane F crossing the optical axis P of an optical fiber 2, and the end surface of the other ferrule 5 is formed into a slanting plane having a 2nd tilt angle  $\theta_2$  a little larger than the 1st tilt angle. Then the slanting plane of the ferrule 5 is coated with an optical attenuation film 19 to specific thickness, and the slanting planes 3a and 5a of the couple of ferrules are arranged opposite each other while having the optical axes P of optical fibers 2 aligned with each other, thereby constituting the optical fixed attenuator 1. Then the ferrule 3 is rotated in its circumferential direction by a specific angle on the ferrule 5 to adjust the attenuation value to a target value.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO